

SOLAR BATTERY MODULE

Patent Number: JP7297438
Publication date: 1995-11-10
Inventor(s): IZUMI TAKAYUKI
Applicant(s): TONEN CORP
Requested Patent: JP7297438
Application: JP19940090374
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L31/042; H01L31/052
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To provide a solar battery module which can be remarkably improved in photoelectric conversion efficiency.

CONSTITUTION: A solar battery module is constituted in such a way that a filament structure 10 is constituted by successively forming a type III semiconductor (p-type amorphous silicon: a-Si) layer 2', type I semiconductor (i-type a-Si) layer 2, type II semiconductor (n-type microcrystalline Si) layer 3, and transparent conductive film 4 on the outer peripheral surface of a first collecting electrode 1 composed of a stainless wire and a plurality of recessed grooves 60 having parabolic cross sections is formed on the surface side, and then, the filament structure 10 is put in and joined to a focus zone in each recessed groove of a second collecting electrode (second electrode) 6 composed of a silver-plated copper plate with silver paste 11. When such a module is used, the light incident to a joint semiconductor layer on the incidence side of each filament structure 10 becomes nearly equal to the light incident to a joint semiconductor layer opposite to the incidence side and the photoelectric conversion efficiency of the module is remarkably improved, because the recessed grooves act as concave mirrors and the filament structures 10 are arranged at focus zones in the recessed grooves.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-297438

(43)公開日 平成7年(1995)11月10日

7

(51)Int.Cl.*

H 01 L 31/042
31/052

識別記号

府内整理番号

F I

技術表示箇所

H 01 L 31/04

R

G

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全11頁)

(21)出願番号 特願平6-90374

(22)出願日 平成6年(1994)4月27日

(71)出願人 390022998

東燃株式会社

東京都千代田区一ツ橋1丁目1番1号

(72)発明者 泉 孝幸

埼玉県入間郡大井町西鶴ヶ岡一丁目3番1

号 東燃株式会社総合研究所内

(74)代理人 弁理士 久保田 耕平 (外1名)

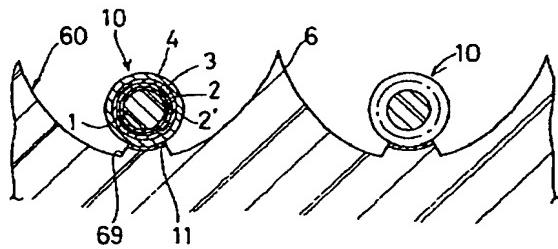
(54)【発明の名称】 太陽電池モジュール

(57)【要約】

【目的】 光電変換効率を大幅に改善できる太陽電池モジュールを提供する。

【構成】 ステンレス線材から成る第一集電極1の外周面に順次製膜された第III型半導体(p型アモルファスシリコン:a-Si)層2'、第I型半導体(i型a-Si)層2、第II型半導体(n型微結晶Si)層3、透明導電性膜4とでフィラメント構造体10を構成し、表面側に断面放物線形状の複数の凹溝60を有し銀メッキされた銅板製第二集電極(第二電極)6の各凹溝内の焦点ゾーンに上記フィラメント構造体を銀ベースト11を介して配置かつ接合したことを特徴とする太陽電池モジュール。このモジュールによれば凹溝が凹面鏡として作用しつつ凹溝内の焦点ゾーンにフィラメント構造体が配置されているため、各フィラメント構造体の光入射側に位置する半導体接合層への光入射と光入射側と反対側に位置する半導体接合層への光入射とが略均等になり光電変換効率が大幅に向上する。

- 1:第一集電極
- 2':第III型半導体層
- 2:第I型半導体層
- 3:第II型半導体層
- 4:透明導電性膜
- 6:第二集電極(第二電極)
- 10:フィラメント構造体
- 60:凹溝



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも外周面が導電性の線状材料より成る第一集電極とこの長さ方向に沿ってその外周面に設けられ光起電力を有する半導体接合層とで構成された複数のフィラメント構造体と、これ等フィラメント構造体に対してその光入射側とは反対側に配置されかつ各フィラメント構造体の外周面の一部と電気的に接続された第二集電極を備える太陽電池モジュールにおいて、少なくともその表面が光反射性と導電性を有する材料により上記第二集電極を構成し、この第二集電極の表面側には長さ方向に延びその断面が放物線、双曲線、楕円又は円から選択された曲線形状を有すると共に溝幅が上記フィラメント構造体の太さより大きい複数の凹溝を幅方向に亘って互いに平行に形成し、かつ、各凹溝内の焦点ゾーンにフィラメント構造体を各凹溝の長さ方向に沿ってそれぞれ配置したことを特徴とする太陽電池モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は複数の太陽電池を集合して成る太陽電池モジュールに係り、特に光電変換効率を大幅に向上できる太陽電池モジュールの改良に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、太陽電池としては、平板状の単結晶シリコン又は多結晶シリコン（結晶シリコン）を基板として加工したもの、アモルファスシリコンをガラス等の透明基板又は金属板等の導電性基板上に薄膜として製膜したもの、化合物半導体を平板状又は薄膜状に加工しその表裏に集電極を形成したもの等が知られている。

【0003】そして、これ等従来の太陽電池は、そのいずれもが図15に示すように複数の半導体層dにより構成された半導体接合層cの表裏面に一对の集電極a、bを配置した構造になっているため、光入射側に設けられた集電極a（表面電極）が半導体接合層cに入射される光の一部を遮ってしまい、その分、光電変換効率の向上を図る上において障害になる問題があった。また、この問題を軽減しようとして上記集電極aをより細く若しくは集電極a間の間隔をより広げる方法も検討されたが、このような構成にすると直列抵抗が大きくなりその光電変換効率が低下するという問題を生じた。

【0004】そこで、半導体接合層cの光入射面が上記表面電極により覆われない構造の太陽電池として、特開昭59-125670号公報や特開昭63-232467号公報等に記載された太陽電池モジュールが開発されている。すなわち、この太陽電池モジュールは、図16～図17に示すように線状の第一集電極a'とこの長さ方向に沿ってその外周面に設けられ光起電力を有する半導体接合層c'から成る複数のフィラメント構造体eと、これ等フィラメント構造体eに対してその光入射側とは

2

反対側に配置されかつ各フィラメント構造体eの外周面の一部と電気的に接続された第二集電極b'ことでその主要部が構成されるものであった。

【0005】そして、この太陽電池モジュールにおいては、第一集電極a'の外周面に半導体接合層c'が形成され、かつ、上記第二集電極b'についてもフィラメント構造体eに対しその光入射側とは反対側に配置されることから半導体接合層c'に入射される光が各集電極a'、b'により制限を受けない構造になるため、上述した従来の太陽電池に較べて光電変換効率の向上が図れるとされていた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、第一集電極a'の外周面に半導体接合層c'を有する複数のフィラメント構造体eと第二集電極b'ことでその主要部が構成された太陽電池モジュールは、光入射側の半導体接合層c'が第一集電極a'で覆われていない分、光電変換効率の向上を図ることが可能になるように思われた。

【0007】しかし、この太陽電池モジュールにおいては、図16～図17に示すように複数のフィラメント構造体eが密に並べて配置された構造を探っている関係上、各フィラメント構造体eの光入射側と反対側に位置する約半分の半導体接合層c'への光入射量が制限されその光電変換効率の向上を図る上において未だ大きな改善の余地を有していた。

【0008】すなわち、複数のフィラメント構造体eが密に並べて配置された太陽電池モジュールにおいては、図17に示すように光入射側に位置する各半導体接合層c'への光入射は十分になされるが、光入射側と反対側に位置する約半分の各半導体接合層c'への光入射は隣接するフィラメント構造体eの存在により制限を受けかつ光入射側から入射された光もその大部分が第一集電極a'により遮られてしまうため（通常、半導体接合層c'の厚さに較べて第一集電極a'の太さは圧倒的に大きいため）入射される光エネルギー量は僅かとなる。

【0009】そして、光入射側と反対側に位置する半導体接合層c'への光入射量の制限に起因してこの半導体接合層c'が光入射側に位置する半導体接合層c'に対し並列に結合された順方向ダイオードとして作用するため、半導体接合層c'においてダイオード電流（逆電流）が増えてVoc（解放電圧）が下がり、FFも小さくなり、光電変換効率が小さくなってしまう問題点があった。

【0010】尚、特開昭59-125670号公報及び特開昭63-232467号公報においては、フィラメント構造体eの下側外周面に設けられた第二集電極b'（図17参照）をアルミニウム等の金属箔で構成しその光反射作用を利用して光入射側と反対側に位置する各半導体接合層c'へ入射させる光エネルギー量を増大させる方法も記載されている。しかし、太陽電池においては、通常、光吸収係数の大きい半導体材料が適用されてお

り、光入射側から入射された光は半導体接合層c'内を通過する間に吸収され易く第二集電極b'まで到達する光は極めて少ないとため、この方法により光電変換効率を向上させることは光吸収係数の小さい特殊な半導体材料を適用しない限り困難である。

【0011】また、特開昭63-232467号公報においては、図18に示すように板状の第二集電極b'上に複数のフィラメント構造体eを適宜間隔を開けて並列に配置した構造の太陽電池モジュールも開示している。しかし、この太陽電池モジュールにおいては板状の第二集電極b'が適用され、かつ、この第二集電極b'上に半導体層fを介してフィラメント構造体eが配置された構造を探っているため、第二集電極b'から反射されて光入射側と反対側に位置する半導体接合層c'へ入射される光量は非常に小さく、上記第二集電極b'を光反射性の材料で構成した方法と同様に光電変換効率の向上が期待できる方法ではなかった。

【0012】本発明はこのような問題点に着目してなされたもので、その課題とするところは、光入射側と反対側に位置する半導体接合層への光入射量を増大させて光電変換効率が大幅に改善された太陽電池モジュールを提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】すなわち、請求項1に係る発明は、少なくとも外周面が導電性の線状材料より成る第一集電極とこの長さ方向に沿ってその外周面に設けられ光起電力を有する半導体接合層とで構成された複数のフィラメント構造体と、これ等フィラメント構造体に対してその光入射側とは反対側に配置されかつ各フィラメント構造体の外周面の一部と電気的に接続された第二集電極を備える太陽電池モジュールを前提とし、少なくともその表面が光反射性と導電性を有する材料により上記第二集電極を構成し、この第二集電極の表面側には長さ方向に延びその断面が放物線、双曲線、楕円又は円から選択された曲線形状を有すると共に溝幅が上記フィラメント構造体の太さより大きい複数の凹溝を幅方向に亘って互いに平行に形成し、かつ、各凹溝内の焦点ゾーンにフィラメント構造体を各凹溝の長さ方向に沿ってそれぞれ配置したことを特徴とするものである。

【0014】そして、請求項1記載の発明に係る太陽電池モジュールによれば、第二集電極に設けられかつ放物線、双曲線、楕円又は円から選択された断面形状を有する凹溝が凹面鏡として作用し、かつ、凹面鏡として作用する凹溝内の焦点ゾーンにフィラメント構造体が配置されているため、各フィラメント構造体の光入射側に位置する半導体接合層への光入射と光入射側と反対側に位置する半導体接合層への光入射とを略均等にすることが可能となる。

【0015】従って、フィラメント構造体が密に配置された従来の太陽電池モジュールに較べて上記半導体接合

層におけるダイオード電流（逆電流）が減少し、これに伴いVoc（解放電圧）が上がり、FFも大きくなり、光電変換効率を大幅に向上させることが可能となる。

【0016】尚、上記凹溝の断面形状が放物線の場合、凹面鏡として作用する凹溝内の焦点ゾーンは、後に図面（図9～図10）を用いて説明するが凹溝の長さ方向に沿って延びる直線となる。但し、凹溝の加工精度の問題から実際にはある太さをもった焦点ゾーンになる。一方、第一集電極と半導体接合層から成るフィラメント構造体は太さを有している。従って、上記凹溝内の焦点ゾーンにフィラメント構造体を配置する際、フィラメント構造体の太さの範囲内に上記焦点ゾーンが入るようにフィラメント構造体を配置すればよい。また、放物線の近似曲線と考えられる双曲線、楕円又は円形状が凹溝の断面形状である場合、凹溝の加工精度が良好であっても凹溝内の焦点ゾーンは凹溝の長さ方向に沿って延びる帯状ゾーンとなり、開口率（W/F、W：凹溝の開口幅すなわち溝幅、F：凹面鏡として機能する凹溝の焦点距離）が大きい程ゾーンの幅は大きくなる。従って、この場合

10 20 にもフィラメント構造体の太さの範囲内に上記帯状ゾーンが入るようにフィラメント構造体を配置すればよい。

【0017】次に、太陽電池モジュールにおける受光面積（W×L）が同一の場合、この受光面に照射された光を活用するためのフィラメント構造体10の本数は、図7（A）で例示された請求項1記載の発明に係る太陽電池モジュールにおいては1本であるのに対し、フィラメント構造体10が密に配置される従来の太陽電池モジュール（図7B参照）においては例えば3本必要となる。

【0018】従って、請求項1記載の発明に係る太陽電池モジュールにおいては必要とするフィラメント構造体の本数が少なくなるため、その分、製造コストの低減を図ることが可能となる。

【0019】また、請求項1記載の発明に係る太陽電池モジュールによれば、第二集電極に設けられた凹溝内にフィラメント構造体が配置されて構成されており、フィラメント構造体の設置位置は上記凹溝の形成位置により簡単に規制されるため、太陽電池モジュールを製造する際のフィラメント構造体の配置作業が簡便となり生産効率を向上させることも可能となる。

40 【0020】更に、フィラメント構造体に対し照射される光の集光比（集光比=受光面積/フィラメント構造体の外周面積）が大きくなるよう適宜調整することで太陽電池モジュールの光電変換効率をより向上させることが可能となる。

【0021】すなわち、フィラメント構造体の単位面積当たりに入射される光量をPiとした場合、原理的には、 $J_{sc} = k_1 \cdot P_i$ 、 $V_{oc} = k_2 \cdot \log P_i$
(但し、Jscは短絡電流、Vocは解放電圧、及びk1～k3は係数)

50 の関係式を満たし、また、光電変換効率ηと単位面積当

りに入射される光量 P_i との関係は、

$$\eta = J_{sc} \cdot V_{oc} \cdot FF / P_i = k_3 \cdot \log P_i \cdot FF$$

で表されると共に、図8に示すようにある集光比まで FF は略一定の値を示すことから、 FF が略一定の値を示す範囲において集光比を大きくすると光電変換効率 η を大きくすることが可能となる。

【0022】従って、第二集電極に設けられる凹溝の溝幅を W 、その長さを L とし、上記フィラメント構造体の長さを L' (但し、 $L \neq L'$)、その外周面の面積を S とした場合、 $W \times L \geq S$ に設定することにより光電変換効率をより向上させることが可能となる。

【0023】尚、上記凹溝の断面形状が放物線の場合、この凹溝面で反射された光は断面略円形状のフィラメント構造体の外周面に対して略垂直入射することからこの外周面における光反射が少ないため、光電変換効率を更に改善させることができるとなる。

【0024】このような技術的手段において上記半導体接合層を構成する半導体材料としては、従来と同様に、アモルファスシリコン、結晶シリコン、及び、化合物半導体が挙げられる。

【0025】以下、本発明に係る太陽電池モジュールの代表的な構造を図面を参照して説明する。

【0026】図1～図2に示された太陽電池モジュールは上記半導体材料としてアモルファスシリコンを適用したものの一例である。

【0027】すなわち、この太陽電池モジュールは、光入射側に配置される複数のフィラメント構造体10とこれとは反対側に配置される第二集電極6とでその主要部が構成され、かつ、これ等両者は金属ペースト等の接合剤11を介して電気的に接合されている。そして、上記フィラメント構造体10は、少なくとも外周面が良導電性の線状材料から成る第一集電極1と、この第一集電極1の長さ方向に沿ってその外周面に順次製膜された第I型半導体層2、第I型半導体層2並びに第II型半導体層3と、上記第II型半導体層3上に製膜された透明導電性膜4とでその主要部が構成されており、かつ、フィラメント構造体10の末端は絶縁被覆材5により被覆されている。また、上記第I型半導体層2はp型のアモルファスシリコンで構成されており、第III型半導体層2'がp型のアモルファスシリコンの場合には第II型半導体層3はn型のアモルファスシリコンにより構成され、また、第III型半導体層2'がn型のアモルファスシリコンの場合には第II型半導体層3はp型のアモルファスシリコンにより構成されることになる。

【0028】尚、反射防止膜を兼ねる上記透明導電性膜4と絶縁被覆材5は、本発明に係る太陽電池モジュールにおいては必ずしも必須の構成部材ではない。また、末端は図2に示されたように必ずしも各層が階段状になつてなくともよく、フィラメント構造体10と第二集電極6とでその主要部が構成される太陽電池モジュールを

必要な長さに切断した後、末端をエッチング処理することにより各層間の短絡が極めて少ないと状態で線状材料から成る第一集電極1を露出させることができるのである。また、本発明に係る太陽電池モジュールにおいては、複数の半導体接合層(pin若しくはnip接合)が繰返し積層された(例えばpin/pin)タンデム型等の多接合型太陽電池モジュール構造を探ってもよい。

【0029】次に、図1～図2に示された太陽電池モジュールにおいては半導体接合層を構成する半導体材料と

- 10 してアモルファスシリコンが適用されているが、この材料に代えて結晶シリコン又は化合物半導体を適用してもよい。この場合、図1～図2において第III型半導体層2'が存在しない構造となる。この太陽電池モジュールは、光入射側に配置される複数のフィラメント構造体10とこれとは反対側に配置される第二集電極6とでその主要部が構成され、かつ、これ等両者は金属ペースト等の接合剤11を介して電気的に接合されている。そして、上記フィラメント構造体10は、少なくとも外周面が良導電性の線状材料から成る第一集電極1と、この第一集電極1の長さ方向に沿ってその外周面に順次製膜された第I型半導体層2並びに第II型半導体層3と、上記第II型半導体層3上に製膜された反射防止膜を兼ねる透明導電性膜4とでその主要部が構成されており、かつ、フィラメント構造体10の末端は絶縁被覆材5により被覆されている。そして、上記第I型半導体層2がp型の結晶シリコン又は化合物半導体の場合には第II型半導体層3はn型の結晶シリコン又は化合物半導体により構成され、また、第I型半導体層2がn型の結晶シリコン又は化合物半導体の場合には第II型半導体層3はp型の結晶シリコン又は化合物半導体により構成されることになる。尚、上記第I型半導体層2がp型又はn型の結晶シリコンの場合には、第II型半導体層3はn型又はp型のアモルファスシリコン若しくは微結晶を含むアモルファスシリコンで構成してもよい。また、この太陽電池モジュールにおいても反射防止膜を兼ねる上記透明導電性膜4と絶縁被覆材5は必須の構成部材ではなく、また、末端についても必ずしも各層が階段状になつてなくともよい。また、半導体材料として結晶シリコンを適用した場合には、アモルファスシリコンが適用された太陽電池モジュールと同様に複数の半導体接合層が繰返し積層される多接合型太陽電池モジュール構造を探ってもよい。例えば、p型若しくはn型の結晶シリコン層上にn型若しくはp型のアモルファスシリコン又は微結晶を含むアモルファスシリコン層を製膜してpn接合を形成し、かつ、アモルファスシリコン又は微結晶を含むアモルファスシリコン層に隣接して複数の材料接合層(pin接合)が繰返し多層に製膜された構造にしてもよい。また、半導体材料として化合物半導体を適用した場合には、その化合物半導体としてIII-V族化合物半導体系のGaAs、InPなど、II-VI族化合物半導体系のCd

Te, CdSなど、I-III-VI₂族化合物半導体系のCuInSe₂, CuInS₂など多岐にわたる。

【0030】そして、このように構成された本発明に係る太陽電池モジュールにおいては半導体接合層(p in n若しくはn i p接合、又は、p n接合)を構成する半導体層内に埋め込まれた線状材料を太陽電池モジュールの第一集電極として用いているため、上述したようにこの第一集電極が入射光に対して影を作ることがない。また、この線状材料は、その後の製造工程及び太陽電池モジュールの中で配列、移動、固定等の機械的支持体の役割を果たし、かつ、上記線状材料はその外周面に半導体接合層を構成する各半導体層を製膜する際の基板としての役割も果たす。また、上記半導体層を製膜する際、必要に応じて線状材料に通電することによりあるいは電磁波誘導によりこの線状材料を加熱し、温度制御することも可能である。

【0031】次に、上記線状材料としては、主として後工程における適用温度によって適宜選択され、アモルファスシリコン型太陽電池モジュール等比較的の低温条件で適用される線状材料として、例えば、アルミニウム、ニッケル、ステンレス、銅、銀等フィラメント状の一般金属、金属繊維を集合した燃線、複合材料のワイヤー、あるいはこれ等を他の材料でコーティング若しくはメッキしたもの等金属系線状体が適用でき、また、上記金属を他の線状材料の外周面にコーティング若しくはメッキ等して得られた線状体等も適用できる。

【0032】一方、結晶シリコン型太陽電池モジュール等比較的の高温条件で適用される線状材料としては、例えば、炭素材料の線状体すなわち直径が50 μm～200 μm程度の太い炭素繊維、若しくは、通常の炭素繊維を集合した燃線、炭素／炭素複合材料のワイヤー、あるいは、これ等を他の材料、例えば、シリコン又はシリコンカーバイト等でコーティングした炭素系線状体が適用できる。

【0033】尚、これ等線状材料の太さは任意であるが、一般的の繊維いわゆるファイバーのようにあまり細いとその後の工程で伸びや破断等が起こり易く、かつ、第二集電極に対する圧着処理が難しくなり、他方、あまり太いとその後の工程で屈曲、巻き取り等が困難となり、また太くなることに伴いフィラメント構造体における半導体層等の最外層の周方向の長さが伸びて電流横走り距離も大きくなる弊害が生ずるためその太さとしては直径50 μm～3 mm程度が適当である。また、線状材料の断面形状は、略円形状、略楕円形状、三角形状、多角形状、リボン状等任意である。

【0034】また、上記線状材料の外周面は平滑でもよいが0.01 μm～10 μm程度の巾と高さを有する凹、凸等があつてもよい。

【0035】尚、線状材料の外周面に半導体層を製膜する方法としては公知のあらゆる半導体薄膜の製膜手段が

原理的に適用可能である。そして、どの様な半導体層をどの位の品質と厚さで製膜するか、また、どの様に半導体接合層を形成するのかによって異なるが、蒸着法、スパッタリング法、熱CVD法、低温プラズマCVD法、光CVD法、化学的析出法、電気化学的析出法、融液塗布、ペーストの塗布乾燥焼結等の手段が例示できる。

【0036】次に、上記フィラメント構造体に対しその光入射側とは反対側に配置される第二集電極については、少なくともその表面が光反射性と導電性を有しかつ凹溝の形成が可能であると共にこの凹溝形状が保持される程度の剛性を具備する材料でこれを構成することが望ましい。このような材料としては、例えば、アルミニウム、銀、ステンレス、ニッケル、銅合金等の金属板若しくは金属箔等が挙げられ、若干その光反射性が劣る銅等の金属材料についてはこの表面に銀あるいはアルミニウム等光反射性の高い適宜材料をコーティング若しくはメッキしたものの適用も可能であり、更に、ガラス若しくはプラスチック等の表面に金属膜を形成した材料の適用も可能である。尚、第二集電極を上記金属材料で構成した場合、この第二集電極は良導電性部材であると同時に良好な熱伝導体としても機能することから、温度上昇に伴う光発電効率の低下を防止するため裏面側から空冷、あるいは水冷処理することも可能となる。このような作用は、特に集光して発電効率を上げる集光型太陽電池モジュールを構成した場合に有効である。

【0037】また、第二集電極の表面に凹溝を形成する方法としては、第二集電極を構成する金属板等の表面に上記凹溝を直接研削若しくは刻設して形成してもよいし、あるいは、金属箔等を金型プレス加工して上記凹溝を形成してもよくその方法は任意である。尚、金属箔等で凹溝を構成した場合にはその背面側に補強用の板状体を取付けてもよい。また、上記断面形状はこの凹溝が凹面鏡として有効に機能できるような形状に設定することが望ましく、図9(A)～(B)並びに図10(A)～(B)に示す放物線形状が挙げられる。すなわち、凹溝60の断面が放物線形状の場合、凹溝面61からの反射光は凹溝60の長さ方向に沿って延びる線状の焦点ゾーンに集光され、かつ、フィラメント構造体10の断面形状が略円の場合にその外周面に対して垂直入射するためその反射が少なくその光照射量を大幅に増大させることができる。

【0038】ここで、その広がり具合が異なる3種類の断面放物線形状の凹溝内に半径rの断面円形状のフィラメント構造体をそれぞれ配置する場合について図11を参照して詳細に説明する。

【0039】尚、図11中、y軸は凹溝の軸線面をまたx軸は凹溝の広がり方向を示しており、(イ) y = (1/4 r) x²
(ロ) y = (1/8 r) x²
(ハ) y = (1/12 r) x²

の各数式は上記x y直交座標系における各凹溝の放物線形状を表示し、

$$\text{また、(イ)} \quad x^2 + (y - r)^2 = r^2$$

$$\text{(ロ)} \quad x^2 + (y - 2r)^2 = r^2$$

$$\text{(ハ)} \quad x^2 + (y - 3r)^2 = r^2$$

の各数式はフィラメント構造体を凹溝の最底面部から軸線上にそれぞれ1r、2r、3rの距離に配置したときのフィラメント構造体の上記x y直交座標系における配置位置と断面形状を表示している。そして、凹溝の断面が放物線形状では上述したように加工精度が良好ならその焦点ゾーンは凹溝の長さ方向に延びる線状となるため、放物線形状が上記(イ)(ロ)(ハ)の場合、それぞれ図11において示した(a)(b)(c)の位置が各凹溝の焦点となる。すなわち、凹溝の最底面部から1r、2r、3rの距離の位置になる。そこで、フィラメント構造体へ効率よく太陽光を入射させるためには、フィラメント構造体がこの焦点の十分近くに置かれ凹溝の最も外側に入射した光もフィラメント構造体の一部を通過するように設定すればよい。そして、原理的には凹溝の焦点ゾーン(焦点)近傍にフィラメント構造体を配置すれば問題ないが、放物線の形をrに対してより開いたものにした場合その開き具合(例えばイーローハーの順)につれて凹溝の焦点が最底面部から離れるので若干工学的、実用的な問題が生ずる。すなわち、凹溝の焦点が3rの位置より高くなると、(1)フィラメント構造体10を凹溝60最底面部より高い位置に支持するための突起部69(図10A及びB参照)等の加工が困難になり、(2)凹溝が形成された第二集電極へのフィラメント構造体からの熱伝導が悪くなる(集光型太陽電池モジュールにおいては光電変換効率維持のため放熱することが望ましい)等の問題を生ずる。他方、放物線の形をrに対してより閉じたもの[例えばイよりもっと閉じたy = (1/r)x^2など]にした場合、凹溝の焦点が最底面部に非常に近くなりフィラメント構造体の下側に光が当たり難くなるため効率が下がる問題を生ずる。従って、上記焦点ゾーンの中心が凹溝における最底面部から1r～3rの距離、すなわち、フィラメント構造体の半径(r)の1倍～3倍の距離となるように設定することが好ましい。

【0040】また、上記凹溝の断面形状は、放物線の近似曲線と考えられる双曲線、橢円又は円(図12A及びB参照)に設定してもよい。但し、これ等の形状の場合、図12(A)～(B)に示すように凹溝60の焦点ゾーンは線状のゾーンではなく帯状のゾーンとなる。尚、第二集電極が金属材料で構成されている場合、図12(A)～(B)に示すように第二集電極6の背面側に冷却用フィン68を配設した構造にしてもよい。

【0041】次に、上記フィラメント構造体と第二集電極とを接合する手段として、例えば、第二集電極の凹溝内に銀等の金属ベーストを塗布しこの第二集電極に対し

上記フィラメント構造体を加熱・圧着して接合させたり、導電性接着剤を用いた方法等が挙げられる。尚、第二集電極の凹溝底面にその長さ方向に沿って小さな溜め部を刻設し、この溜め部内に導電性接着剤を充填させる手法を探ることにより上記導電性接着剤の凹溝内における粒がりに伴う無駄を防止できると共に、フィラメント構造体と第二集電極との接合操作が簡便となる利点を有する。また、この溜め部については、凹溝の長さ方向に沿って必ずしも連続的に設ける必要はなく不連続であつてもよい。

【0042】尚、本発明に係る太陽電池モジュールの機械的耐久性、耐候性等を高めるため、フィラメント構造体側から透明な樹脂やガラス等で固定化及び被覆若しくは密閉する構造を探ってもよい。この場合、第二集電極表面に設けられた上記凹溝を覆うように薄片状レンズ等を配置しその集光性がより向上される構成にしてもよい。

【0043】

【作用】請求項1に係る発明によれば、第二集電極に設けられかかつ放物線、双曲線、橢円又は円から選択された断面形状を有する凹溝が凹面鏡として作用し、かつ、凹面鏡として作用する凹溝内の焦点ゾーンにフィラメント構造体が配置されているため、各フィラメント構造体の光入射側に位置する半導体接合層への光入射と光入射側と反対側に位置する半導体接合層への光入射とを略均等にすることが可能となる。

【0044】従って、フィラメント構造体が密に配置された従来の太陽電池モジュールに較べて光電変換効率を大幅に向上させることが可能となる。

【0045】

【実施例】以下、実施例を挙げて本発明を更に詳細に説明するが、本発明はこれ等実施例により限定されるものではない。

【0046】【実施例1】この実施例に係る太陽電池モジュールは、図1～図2に示すように研削加工にて幅方向に亘り繰返し形成された断面が放物線形状の凹溝60を5個有する長さ18mm、幅30mmの銅板製第二集電極6と、第二集電極6の各凹溝60内にその長さ方向に沿って配置されかつ銀ベースト11を介して上記第二集電極6に各々接合された5本のフィラメント構造体10とでその主要部が構成されている。

【0047】まず、上記第二集電極6は研削加工にて形成された開口幅(溝幅)6mmで深さが約1.5mmの断面放物線形状の凹溝60を5個有する銅板により構成され、かつ、各凹溝60の底面部には突起部69が長さ方向に沿って設けられていると共に表面は研磨並びに銀メッキ処理が施されている。

【0048】一方、上記凹溝60内にそれぞれ配置された各フィラメント構造体10は、約4cmに切断された直径1.0mmのステンレス線材から成る第一集電極1

と、この第一集電極1の外周面に製膜された厚さ約300Åの第III型半導体(p型アモルファスシリコン)層2と、この第III型半導体層2の外周面に製膜された厚さ約0.5μmの第I型半導体(i型アモルファスシリコン)層2と、この第I型半導体層2の外周面に製膜された厚さ約200Åの第II型半導体(n型微結晶シリコン)層3と、この第II型半導体層3の外周面に製膜された厚さ約0.2μmのSnO₂から成る透明導電性膜4とでその主要部が構成されている。

【0049】そして、この太陽電池モジュールは以下の工程を経て製造されたものである。

【0050】まず、図13に示すプラズマCVD装置内に上記第一集電極を構成するステンレス線材100を15本配置した。尚、上記ステンレス線材100は約12cmに切断された直径1.0mmの線材で構成され、この線材を約7mmの間隔を開けてプラズマCVD装置内の治具31に15本並列に配置しあつ固定した。また、図11中、32はヒーター、33は原料ガス導入管、34は原料ガスノズル、35は排気管、36はRF電極、37は形成された低温プラズマ、38は真空チャンバーをそれぞれ示している。

【0051】そして、プラズマCVD装置の真空チャンバー内を 1×10^{-6} Torrにバージした後、上記治具31の両端及び裏面から伝熱ヒータで加熱してステンレス線材100を約200°Cに保つと共に、上記原料ガス導入管33から原料ガスとしてB₂H₆ガスが1%混合されたSiH₄ガスを圧力: 0.2Torr、流量: 約2.5sccmで導入し、電力: 10Wの条件で低温プラズマ37をステンレス線材100に接触させてその外周面に膜厚約300Åのp型アモルファスシリコン(第III型半導体)層2'をほぼ均一に製膜した。

【0052】次に、原料ガスとして100%SiH₄ガスを同様に導入して上記p型アモルファスシリコン層2'上に膜厚約0.5μmのi型アモルファスシリコン(第I型半導体)層2を製膜し、かつ、同様にして原料ガスとしてPH₃が0.1%混合されたSiH₄:H₂=50:1のガスを圧力0.07Torrで導入し、電力50Wの条件で低温プラズマ37を接触させてi型アモルファスシリコン層2'上に膜厚約200Åのn型微結晶シリコン(第II型半導体)層3を製膜した。

【0053】次いで、その外周面にp型アモルファスシリコン層2'、i型アモルファスシリコン層2、及び、n型微結晶シリコン層3が製膜された各ステンレス線材100を治具ごとスパッタリング装置に装着し、表面と裏面からSnO₂をスパッタリングして上記n型微結晶シリコン層3の外周面に厚さ約0.2μmの透明導電性膜4を製膜しフィラメント構造体10を製造した。

【0054】次に、長さ約12cmの各フィラメント構造体10についてその中央部分の約4cmを残して両端側を切断し、かつ、上記中央部分の両端表面をそれぞれ

約1cmの長さだけカッターの刃で掠った後、苛性ソーダ水溶液に両端部を浸漬しあつ洗浄して上記ステンレス線材100を露出させた。

【0055】そして、研削加工にて形成された開口幅6mmで深さが約1.5mmの凹溝60を5個有しその底面部に突起部69を有すると共に表面が研磨並びに銀メッキ処理された銅板の上記凹溝60内の突起部69にその長さ方向に沿って銀ベーストを細帯状に塗布し、かつ、上述した工程で得られた5本のフィラメント構造体10を上記銀ベースト上に乗せると共に、治具を用いて上から少し荷重をかけながら250°Cに加熱して5本の各フィラメント構造体10の透明導電性膜4の表面の一部と第二集電極6の凹溝60の突起部69とを電気的に接続し、実効面積が約6cm²の実施例1に係る太陽電池モジュールを得た。

【0056】このようにして得られた太陽電池モジュールについて、各フィラメント構造体10の端部から露出しているステンレス線材100を導線で並列に接続して第一電極とし、上記銅板を第二電極(第二集電極6)としてAM-1照光下で光電変換効率を測定したところ10.6%を示した。

【0057】【比較例】第二集電極6として凹溝のない表面平坦で銀メッキ処理された幅33mm、長さ18mmの銅板を用い、この表面に予め銀ベーストを塗布すると共に、この上に実施例1と同一条件で製造された30本のフィラメント構造体10を相互に密接させて平行に配置し、かつ、上から少し荷重をかけながら250°Cに加熱して各フィラメント構造体10の透明導電性膜4の表面の一部と第二集電極6を構成する銅板とを電気的に接続させた。この結果、フィラメント構造体10がほとんど隙間なく平行に密接配置されその実効面積が約6.6cm²の比較例に係る太陽電池モジュールが得られた(図3参照)。

【0058】この比較例に係る太陽電池モジュールについて、各フィラメント構造体10の端部から露出しているステンレス線材を導線で並列に接続して第一電極とし、上記銅板を第二電極(第二集電極6)としてAM-1照光下で光電変換効率を測定したところ4.8%を示した。

【0059】【実施例2】石英ベルジャー42と黒鉛電極41から成る熱CVD装置(図14参照)内に、第一集電極を構成しあつ微量のボロンが含まれた直径約0.9mm、長さ160mmの炭素繊維強化炭素マトリックス複合材料(炭素系線状体)101を収容すると共に、この炭素系線状体101の両端を上記黒鉛電極41で保持しあつこれに通電しつつ約1000°Cに加熱し、この条件下においてこの熱CVD装置内にH₂で希釈されたSiH₄ガス(シリコン原料ガス)を導入し、この原料ガスを上記炭素系線状体101に接触させてその外周面に厚さ約50~80μmとなるようにシリコン結晶を析

出させた。尚、図14中、43は原料ガス入口、44は排ガス口、45はシールド、46は放射温度計をそれぞれ示している。

【0060】次に、析出させたシリコンの結晶性を改質成長させるため熱CVD装置内に流すガスをアルゴンと水素の混合ガスにし、かつ、上記炭素系線状体101への通電量を増加すると共にシリコン層の表面温度が約1600°Cとなるまで加熱し、その後約1200°Cまで徐冷して第I型半導体(p型多結晶シリコン)層を形成した。

【0061】次に、この熱CVD装置内に、PH₃ガスが50ppm混入されたSiHCl₃をH₂で希釈したシリコン原料ガスを導入し、上記炭素系線状体101の表面温度を約1200°Cに保った状態でその外周面に多結晶シリコン層を厚さ約0.5μm成長させ、かつ、室温まで徐冷して第II型半導体(n型多結晶シリコン)層を形成した。

【0062】このようにして得られた5本のフィラメント構造体についてその中央部分の約4cmを残して両端側を切断すると共に、実施例1と同様の操作によりその両端部から炭素系線状体(第一集電極)を露出させ、かつ、実施例1において適用された30×18mmで5本の凹溝を有しその表面が銀メッキ処理された銅板を第二集電極としてこの上に実施例1と同様の操作で上記フィラメント構造体を配置し、その実効面積が約6cm²の太陽電池モジュールを製造した。

【0063】このようにして得られた太陽電池モジュールについて、各フィラメント構造体の端部から露出している第一集電極部分を導線で並列に接続して第一電極とし、上記銅板を第二電極としてAM-1照光下で光電変換効率を測定したところ14.6%を示した。

【0064】尚、この実施例においては切削加工により得られかつ凹溝の底面部に突起部を有する銅板を第二集電極としているが、図5に示すように金属プレス加工により凹溝60が形成されその底面部に支持用爪部69'が立設された構造の金属箔製の第二集電極を適用してもよい。また、図6に示すように金属プレス加工により凹溝60とその底面部に支持用突起69"がそれぞれ形成された金属箔製の第二集電極を適用してもよい。尚、図6に示すように長さが短い複数の金属箔製電極6'を互いに隙間を開けながら配列して第二集電極6を構成してもよい。このような構造にした場合、金属ベーストを介して第二集電極6とフィラメント構造体10とを加熱接着させるとき各材料の熱膨張率の違いに伴う接着時における破損現象を回避できる利点を有する。

【0065】【実施例3】ほぼ当モルの高純度CdとTeの微粉末混合物に対して5重量%のCdCl₂微粉末を加え、これ等を有機粘結剤とプロパンノールに分散させて液状ペーストを調整した。

【0066】この液状ペースト中に、予めCuCl₂が

含浸された直径約0.9mm、長さ6cmの炭素繊維強化炭素マトリックス複合材料(炭素系線状体)を浸漬して取出しこの炭素系線状体の両端部を支持しながら電気炉で130°Cに保って乾燥させ、更に、窒素ガス気流中で550°Cで2時間、700°Cで30分間焼成処理しつつ徐冷して取出した後、洗浄乾燥して炭素系線状体(第一集電極1)の外周面に厚さ約4~9μmの第I型半導体(p型CdTe化合物半導体)層2が被覆されたp型線状体を得た。

10 【0067】次に、高純度CdSの微粉末に対して2重量%のCdCl₂微粉末を加え、これを有機粘結剤とプロパンノールに分散させて液状ペーストを調整した。

【0068】この液状ペースト中に、その両端部の各々約2cm部分がバラフィンでマスキングされた上記p型線状体を浸漬して取出し、上記マスキング用バラフィン部分を削り落した後、電気炉中で130°Cの条件で乾燥させ、650°Cで1時間焼成処理し、かつ、冷却、洗浄して、炭素系線状体(第一集電極1)の外周面に第I型半導体(p型CdTe化合物半導体)層2とその上の中央部分に2cmの長さで厚さ約1.5~2.5μmの第II型半導体(n型CdS化合物半導体)層3がそれぞれ被覆されたフィラメント構造体10を製造した。

【0069】そして、実施例1と同一の第二集電極6における凹溝60内の突起部(図示せず)上に銀ベーストを塗布する一方、上記フィラメント構造体10の両端部約2cmの第I型半導体(p型CdTe化合物半導体)層2を削って炭素系線状体(第一集電極1)を露出させ、かつ、第二集電極6の各凹溝60内にこの5本のフィラメント構造体10を配置し上から治具を用いて少し荷重をかけながら200°Cに加熱し、5本の各フィラメント構造体10表面の第II型半導体(n型CdS化合物半導体)層3の一部と第二集電極6とを電気的に接続させて太陽電池モジュールを得た(図4参照)。

【0070】この太陽電池モジュールは、第二集電極6の各凹溝60内に直径0.9mmで有効長さ約2.0mmのフィラメント構造体10が6mm間隔で5本平行に配列されており、その実効面積が約6cm²、集光比が約2.1の太陽電池モジュールとして評価した。

【0071】このようにして得られた太陽電池モジュールについて、各フィラメント構造体の端部から露出している第一集電極部分を導線で並列に接続して第一電極とし、上記銅板を第二電極としてAM-1照光下で光電変換効率を測定したところ9.3%を示した。

【0072】

【発明の効果】請求項1に係る発明によれば、第二集電極に設けられかつ放物線、双曲線、橢円又は円から選択された断面形状を有する凹溝が凹面鏡として作用し、かつ、凹面鏡として作用する凹溝内の焦点ゾーンにフィラメント構造体が配置されているため、各フィラメント構造体の光入射側に位置する半導体接合層への光入射と光

50

15

入射側と反対側に位置する半導体接合層への光入射とが略均等となり、フィラメント構造体が密に配置された従来の太陽電池モジュールに較べて光電変換効率を大幅に向かう効果を有している。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1に係る太陽電池モジュールの断面図。
【図2】実施例1に係る太陽電池モジュールの概略部分斜視図。

【図3】比較例に係る太陽電池モジュールの断面図。

【図4】実施例3に係る太陽電池モジュールの概略部分斜視図。

【図5】変形例に係る太陽電池モジュールの概略部分斜視図。

【図6】変形例に係る太陽電池モジュールの概略部分斜視図。

【図7】図7(A)は本発明に係る太陽電池モジュールの作用を説明する斜視図、図7(B)は従来例に係る太陽電池モジュールの作用を説明する斜視図。

【図8】太陽電池モジュールの集光比と光電変換特性との関係を示すグラフ図。

【図9】図9(A)～(B)は第二集電極の凹溝の形状例を示す説明図。

【図10】図10(A)～(B)は第二集電極の凹溝の他の形状例を示す説明図。

10

* 【図11】断面が放物線形状の凹溝における焦点ゾーンを説明するための模式図。

【図12】図12(A)～(B)は冷却用フィンが設けられた第二集電極の説明図。

【図13】実施例において適用されたプラズマCVD装置の概略構成図。

【図14】実施例において適用された熱CVD装置の概略構成図。

【図15】従来例に係る太陽電池の概略構成断面図。

【図16】従来例に係る太陽電池モジュールの概略斜視図。

【図17】図16の縦断面図。

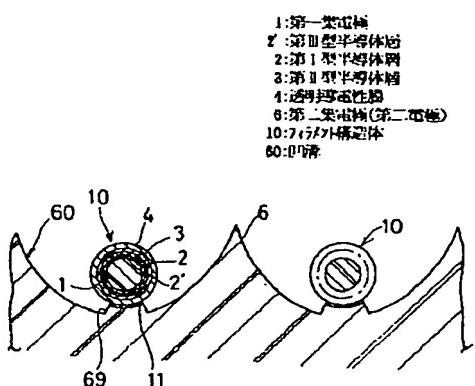
【図18】従来の変形例に係る太陽電池モジュールの断面図。

【符号の説明】

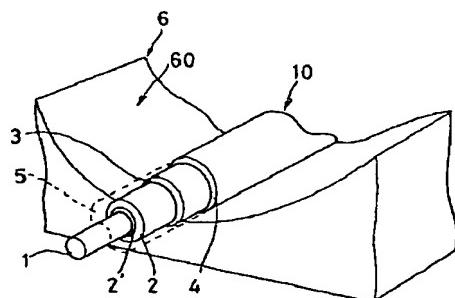
- 1 第一集電極
- 2 第III型半導体層
- 3 第I型半導体層
- 4 第II型半導体層
- 5 透明導電性膜
- 6 第二集電極(第二電極)
- 10 フィラメント構造体
- 60 凹溝

20

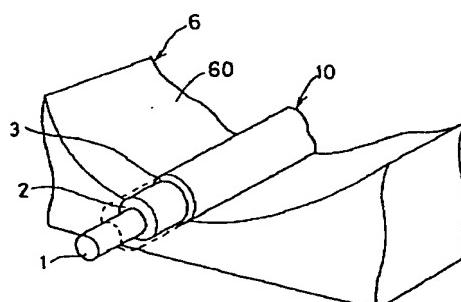
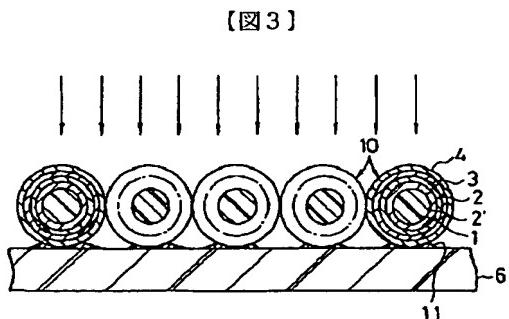
【図1】



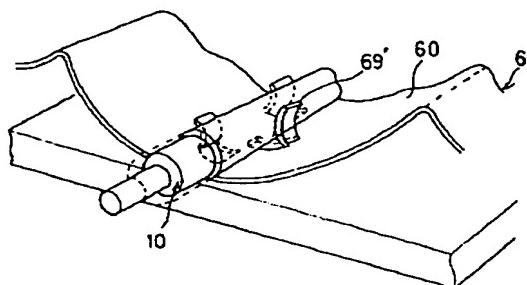
【図2】



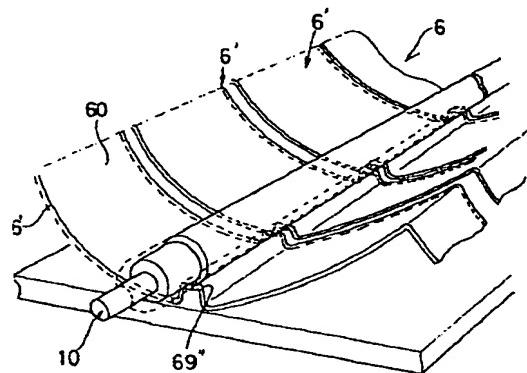
【図4】



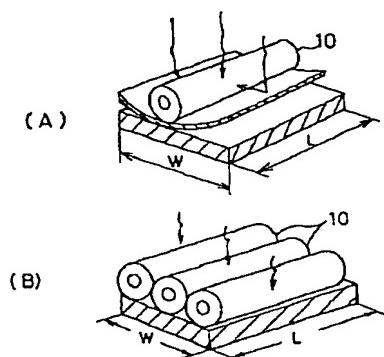
【図5】



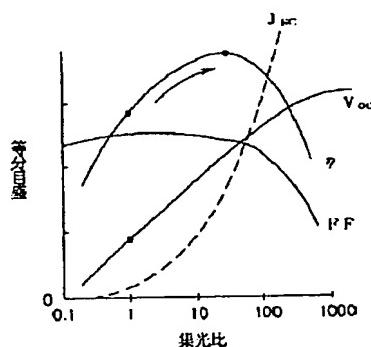
【図6】



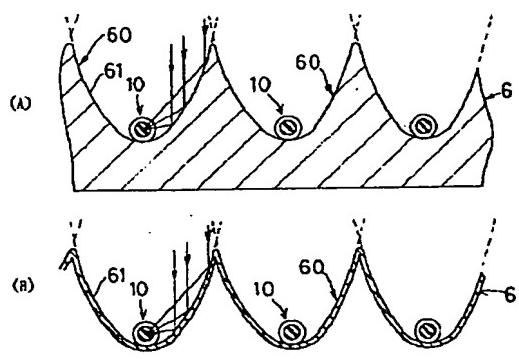
【図7】



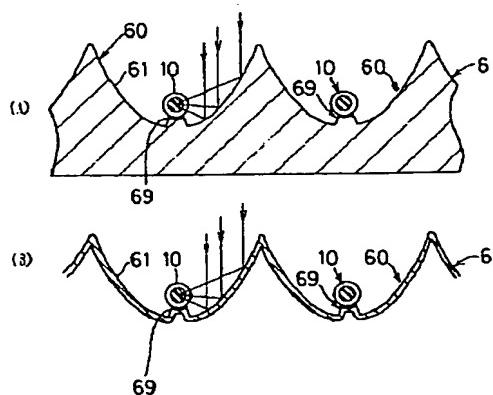
【図8】



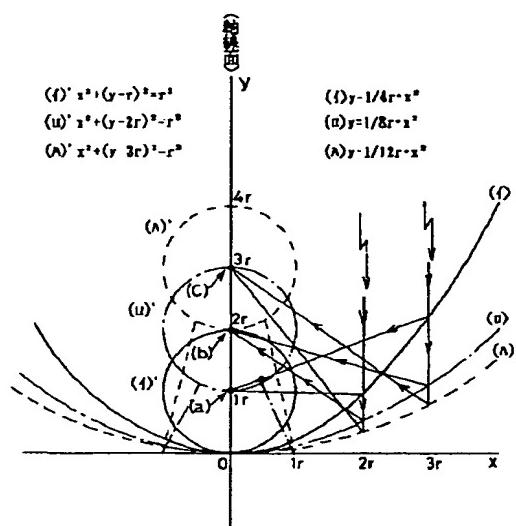
【図9】



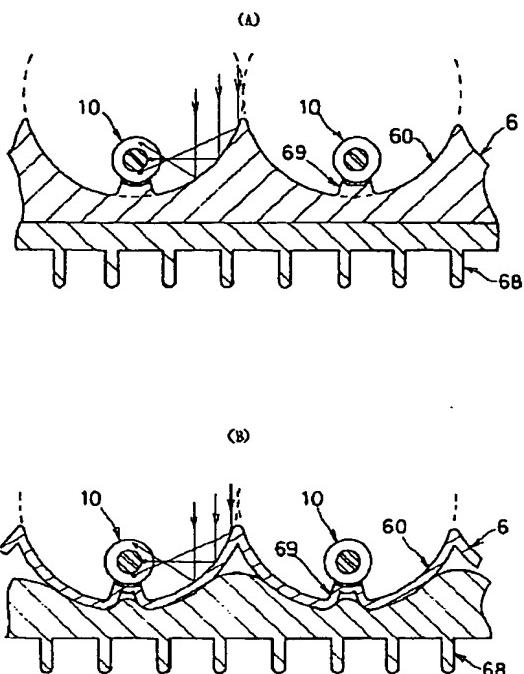
【図10】



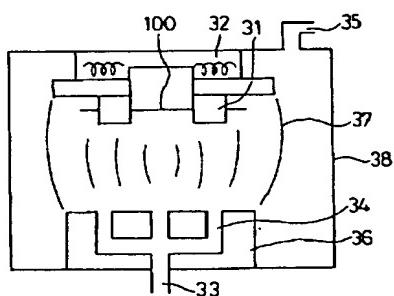
【図11】



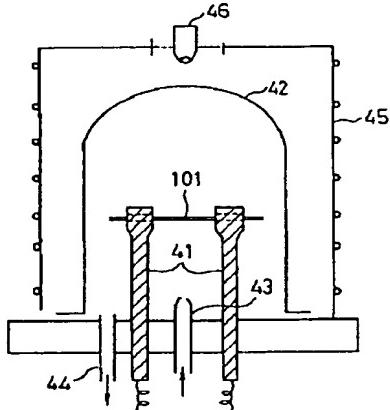
【図12】



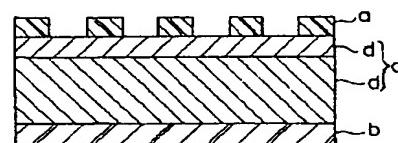
【図13】



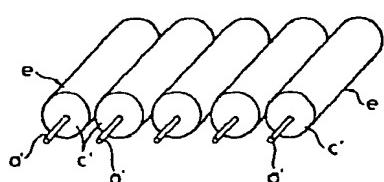
【図14】



【図15】



【図16】



【図17】

